



УДК 159.91
<https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.36.16>

Различение трех видов зрительных стимулов ящерицами веретеницами ломкими (*Anguis fragilis*)*

Р. В. Желанкин

Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста», пос. им. Воровского, Россия

И. Г. Скотникова

Институт психологии РАН, г. Москва, Россия

Л. А. Селиванова

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. Изучались экологически значимые для рептилий способности к зрительному различению пространственных и цветовых стимулов, а именно: поведение безногих ящериц веретениц ломких в Т-образном лабиринте при зрительном различении красного и зеленого цветовых тонов и размеров геометрических фигур круглой формы. Анализировались основные поведенческие характеристики принятия решения при выборе из возможных вариантов: процент ошибочных выборов, время выбора и число поворотов ящериц в стороны альтернативных путей в лабиринте к сравниваемым стимулам до выбора одного из них. При цветоразличении все эти три поведенческие характеристики были минимальными, а при различении размеров геометрических фигур более высокими. Делается вывод, что различение красного и зеленого цветовых тонов у веретениц было более успешным и менее трудным, чем различение размеров геометрических фигур круглой формы.

Ключевые слова: зрительное различение, принятие решения, поведение рептилий, ящерицы веретеницы, Т-образный лабиринт.

Для цитирования: Желанкин Р. В., Скотникова И. Г., Селиванова Л. А. Различение трех видов зрительных стимулов ящерицами веретеницами ломкими (*Anguis fragilis*) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Психология. 2021. Т. 36. С. 16–37. <https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.36.16>

Введение

Способности рептилий к зрительному различению пространственных и цветовых стимулов экологически значимы для поиска полового партнера, распознавания врагов по форме и размеру, запоминания местообитания или экологической ниши, избегания опасностей, нахождения мест затаивания. Растительоядным рептилиям такие способности необходимы, чтобы отличать съедобные растения от несъедобных, а хищным и насекомоядным рептилиям – чтобы ловить съедобную добычу и избегать опасную.

* Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием № 0138-2021-0006.

Для большинства видов рептилий важным физическим параметром среды является спектр светового излучения (видимого для человека, ультрафиолетового и инфракрасного). Их активность регулируется температурным и световым режимами. Способность ряда видов рептилий к цветовому зрению установлена в исследованиях сетчатки глаза [Takenaka, Yokoyama, 2007], показавших в том числе содержание в фоторецепторах – колбочках у черепаха и многих ящериц разноцветных масляных капель [de Lanuza, Font, 2014]. Некоторые дневные рептилии различают также пространственные стимулы, в том числе геометрические фигуры [Сафаров, 1990]. С применением методики лабиринта вырабатывались условные рефлексы на сенсорно-перцептивные стимулы разных модальностей у змей [Clark, 2007], черепаха [Radial-Arm-Maze ... , 2012], ящериц [Quantitative abilities in ... , 2017].

В психологии распространено представление о принятии решения как о выборе человеком одной из возможных альтернатив поведения (Д. Канеман и др., 2005; Ю. Козелецкий, 1979; Т. В. Корнилова, 2016; А. Р. Лурия, 1974; И. Г. Скотникова, 2008) [цит. по: Скотникова, 2021] и животными [Анохин, 1978; Dill, 1987]. Все поведение вне зависимости от масштаба времени можно описать в терминах принятия решений. И если происходит выбор из имеющихся вариантов, мы говорим, что принято решение. Принять две опции сразу невозможно, и потому мы должны выбрать одну из них [Васильева, Чабовский, 2017]. Ю. Козелецкий (1979) выделил фазу предрешения (анализ и сравнение имеющихся альтернатив поведения либо поиск возможных альтернатив), за которой следует фаза собственно принятия решения – выбор из этих альтернатив [цит. по: Скотникова, 2021].

Согласно Д. Люсу (1986), основные характеристики принятия решения (ПР): правильность/ошибочность, время и колебания субъекта (у человека уверенность/сомнения) в его процессе. При трудном сенсорном опознании и/или инструкции на правильность ответов ошибочные ответы даются медленнее, чем верные, а при легком опознании и/или инструкции на их скорость – наоборот (правило Р. Свенссона (1972)) [Там же]. С первой половиной правила Свенссона согласуются данные для трудного зрительного и слухового различения (вторая половина правила не проверялась для легкого различения): ошибочные ответы чаще бывают более медленными, чем верные. В работах И. Г. Скотниковой (2005), Н. П. Владыкиной (2008) [Там же] обнаружена возможная причина замедленности ошибочных ответов – их неуверенность (колебания человека при их вынесении), в отличие от верных ответов. Видимо, человек перед ошибочным ответом сомневается и потому медлит, хотя не знает, что ошибется, а перед верными ответами сомнений меньше, поэтому он дает их быстрее и чаще уверенно, т. е. неосознанно предвосхищает правильность либо ошибочность будущего ответа. Эти факты интерпретируются также с позиций концепции В. М. Аллаhverдова (2003) [Там же] об осознанной и неосознанной переработке когнитивной информации. Они подтверждаются тем, что в школе Н. П. Бехтеревой обнаружены нейроны-детерминаторы ошибок в мозгу, активирующиеся перед неосознанным совершением ошибки. При этом у человека возникает дис-

комфорт, ощущение, что он что-то забыл, или иная реакция на неверное поведение. В отличие от них нейроны-детекторы ошибок активируются после совершения ошибки, когда человек осознает ее (Ю. Д. Кропотов, 2009; N. P. Bechtereva, N. V. Shemyakina, 2005) [цит. по: Скотникова, 2021]. Феномен большей уверенности верных ответов теоретически обоснован в математической модели принятия решения человеком в сенсорных задачах [Шендяпин, Скотникова, 2015].

П. К. Анохин аргументировал идею общности структуры любого акта деятельности человека и поведения животных как функциональной системы, где ПР занимает ключевое место [Анохин, 1978]. ПР изучалось на разных уровнях организации психического – от нейронного до социально-психологического в ходе целенаправленной деятельности человека в сопоставлении с поведением животных [Проблемы принятия решения, 1976]. Экспериментально установлено соответствие между психологическими закономерностями ПР человеком и данными нейронаук о ПР животными [Smith, Ratcliff, 2004]. Широко изучается ПР (с применением этого термина) у животных разных таксонов (от насекомых до приматов) в природных и лабораторных условиях, в том числе в задачах перцептивного выбора (см. сводку работ [Скотникова, 2021]. Часть из них приведена в настоящей статье). Следуя этим традициям, мы используем понятие «принятие решения» для описания выбора животными альтернатив поведения. По мнению Л. В. Крушинского [2009], в серии лабораторных экспериментов лишь первые опыты показательны для изучения экстраполяции (вида ПР) у животных, последующие же опыты характеризуют процесс научения. Можно думать, что это относится и к другим видам ПР.

Мы характеризуем наш подход в изучении поведения животных, в частности в изучении ПР, как субъектно-поведенческий (И. Г. Скотникова, Р. В. Желанкин, 2018) [цит. по: Скотникова, 2021]. Он перекликается с рассмотрением животного как агента (т. е. активного индивида), а не как лишь существа, пассивно отвечающего на внешние сигналы. Глобальное состояние его организма и психики, субъективная внутренняя модель себя опосредуют нейрофизиологические механизмы, когнитивные процессы, ПР и поведение в целом [Decision-Making from ... , 2019].

Описано регулярное ПР животными в широком диапазоне актов поведения: когда и где кормить детенышей и ухаживать за ними, затаиваться или идти на риск [Blumstein, Bouskila, 1996]. С начала 2000-х гг. в зарубежных журналах (преимущественно в *Animal Behaviour* и *Ethology*) опубликовано около 50 статей об индивидуальном и групповом выборе из альтернатив и ПР низшими позвоночными: рыбами, амфибиями, рептилиями. Правомерность использования термина «принятие решения» по отношению к рептилиям подтверждается их способностями к сложному поведению, в частности к количественным оценкам [Quantitative abilities in ... , 2017]. Способности рептилий к экстраполяции выше, чем у большинства птиц, исключая врановых и попугаев [Крушинский, Зорина, 1982]. Описано игровое поведение рептилий крупных видов с относительно большим весом мозга, а также не-

крупных (гекконов) на Земле и в невесомости во время космического полета [Decision-Making from ... , 2019]. Гадюковые змеи выбирали путь в термальном лабиринте с первой попытки, для научения этого было достаточно, что демонстрировалось снижением времени и успешностью решения задачи в последующих 11 опытах [Phylogenetic patterns in ... , 2018]. У рогатых ящериц (*Phrynosoma*) ПР о побеге при встрече с хищником базировалось на оценке риска, выгод и издержек побега [Cooper, Sherbrooke, 2010].

В связи с темой нашей работы мы преимущественно приводим исследования ПР у рептилий в задачах перцептивного выбора при различении зрительных объектов. Изучался двухальтернативный выбор местоположения корма в установке-ящике при различении геометрических фигур четырьмя видами рептилий, хотя термин «принятие решения» не использовался [Сафаров, 1990]. Анализировались временные параметры выбора (латентный период, время подхода к кормушке и возвращения к лежанке), процент правильности/ошибочности выборов, необходимое для научения число опытов. В экспериментальной установке рептилиям предъявлялись сначала две фигуры: треугольник – условный стимул и круг – дифференцировочный, а затем дополнительные фигуры, что усложняло задачу. Разная трудность различения задавалась расположением фигур в разных частях установки и оценивалась по числу опытов до достижения 90 % верных выборов. Желтопузики (*Pseudopus apodus*), туркестанские агамы (*Laudakia lehmanni*), степные черепахи (*Agrionemys horsfieldi*) и водяные ужи (*Natrix tessellata*) быстро (за 20 опытов) научались различать круги и треугольники в разных зонах установки. Однако трудность различения задавалась не типом зрительных объектов, а их локализацией в установке, и анализировались лишь названные результативные показатели выбора фигуры, но не процессуальные поведенческие реакции в ходе выбора. В нашей же работе анализируются именно такие реакции рептилий при зрительном различении совместно с результативными показателями выбора (правильностью и временем), и по соотношению всех трех видов характеристик сравниваются успешность и трудность различения разных зрительных объектов: цветовых тонов и геометрических фигур.

У болотных черепах (*Emys orbicularis*) и серых варанов (*Varanus griseus*) временный условный рефлекс на цветные фигуры образовался при 25 их предъявлениях [Карамян, Сергеев, Соллертинская, 1964]. Доказано, что ассоциированные раздражители, относящиеся к одному анализатору (зрительному), способствуют возникновению у рептилий временных связей, в отличие от раздражителей от разных анализаторов. Синезыбые сцинки (*Tiliqua rugosa*) были обучены определять местонахождение убежища по визуальным сигналам либо по его пространственной локализации [Zurí, Bull, 2000]. Визуальные маркеры убежища использовались предпочтительнее, чем его пространственная локализация без визуальных маркеров. Животные лучше различали черные и белые стимулы, треугольники и круги, чем красные и зеленые стимулы, которые, возможно, незначимы для сцинков при определении ими местоположения убежища.

У австралийских древесных сцинков (*Egernia striolata*) изучалось различение множеств из восьми сочетаний цвета и формы фигур, включая взаимообратные сочетания [Subproblem learning and ... , 2018]. Применялся тест на поведенческую гибкость с количественной оценкой скорости реакции и ошибок животных при изменении визуальных признаков стимулов. Сцинки научились различать пары цвет/форма при разных пространственных расположениях стимульных пар и использовать эти двупризнаковые визуальные стимулы для нахождения пищевого вознаграждения. Животные воспринимали каждую пару как незнакомую, т. е., возможно, не узнавали одни и те же стимулы при разных их расположениях. Однако не регистрировались временные и поведенческие реакции животных, позволяющие проследить сам процесс выбора стимулов в ходе различения. Это предпринято в настоящей работе.

Различение размеров круглых объектов изучалось в оригинальных экспериментах по исследованию учета границ собственного тела гигантскими синезычными сцинками (*Tiliqua gigas*). Животным было необходимо учитывать искусственно увеличенные границы своего тела, чтобы проникать в круглые отверстия разных диаметров в экспериментальной установке [Хватов, Соколов, Харитонов, 2016]. То есть изучалось ПР при распознавании размеров круглых отверстий. Регистрировалось время проникновения в отверстия и число успешных и неуспешных попыток. Динамика индексов ПР по мере научения (снижение времени выбора отверстия и рост частоты успешных выборов) показала, что при увеличении естественных границ тела сцинки научались учитывать эти новые границы. Данную динамику мы сопоставляли с таковой, наблюдавшейся в настоящей работе у веретениц при различении ими размеров кругов (см. «Результаты исследования и их обсуждение»).

Процессуальная регистрация поведенческих реакций животных весьма информативна – у рептилий по «элементарным двигательным актам» (ЭДА). Изучались ЭДА у ящериц при разных формах поведения в течение суток в природе. Выделено 30 видов ЭДА, имевших, видимо, функциональное значение для ПР: поза внимания; «клевки», когда ящерица быстро касается земли языком и поднимает голову в прежнее положение (обнюхивание местности); «исследование» (местности при перемещении по ней); «прицеливание» (пристальный осмотр потенциальной добычи); повороты головы (обзор окружения) [Вдовин, Иванова-Дятлова, Окштейн, 2011].

Красноногие черепахи (*Geochelone carbonaria*) выбирали в каждом опыте новые рукава в восьмирукавном лабиринте [Radial-Arm-Maze Behavior ... , 2012]. Для каждой особи записана схема поворотов к разным рукавам лабиринта и подсчитано число поворотов. Выявлены две индивидуально-различные стратегии поведения – поворот на один либо на два рукава, и для каждой черепахи подсчитано среднее число поворотов каждого типа. Поворот на один рукав чаще приводил к выбору новых рукавов с наименьшим процентом ошибок.

Такие повороты могут иметь функциональное значение для получения зрительной информации, «свидетельств» в пользу сравниваемых альтернатив решения. Известен ряд классов математических моделей ПР в сенсор-

ном различении у человека как оценки баланса свидетельств в пользу сравниваемых объектов (D. Luce, 1986; В. М. Шендяпин, И. Г. Скотникова, 2015) [цит. по: Скотникова, 2021; Шендяпин, Скотникова, 2015]. Эмпирически объем свидетельств оценивался по числу вспышек, загоравшихся на каждом из двух экранов, один из которых выбирали испытуемые, – тот, где вспышек было больше (D. Vickers, A. Pietsch, 2000) [цит. по: Скотникова, 2021]. С моделями ПР человеком как оценки баланса свидетельств в пользу вариантов решения перекликается модель ПР животными на основе своего «информационного состояния» при восприятии стимулов и взвешивания ими выгод и издержек решения [Blumstein, Bouskila, 1996]. У кур такие «информационные состояния» регистрировались по выбору (и его латентности) пути в Т-образном лабиринте, приводившем к большему числу зерен [Behavioral and Physiological ... , 2014].

В контексте работ о взаимосвязях поведенческих реакций животного при выборе решения с его «информационным состоянием» (сходным по смыслу с понятием свидетельства) мы регистрировали число поворотов животных в стороны каждого из двух стимулов перед выбором одного из них в Т-образном лабиринте. Предполагаем, что, как и в работе [Radial-Arm-Maze Behavior ... , 2012], такие повороты служат накоплению зрительных свидетельств для выбора пути в лабиринте.

В цитированных работах одновременно изучались по две из трех основных характеристик ПР у рептилий: правильности/ошибочности, времени и поведенческих проявлений. В наших же экспериментах впервые исследовалось ПР ящерицами веретеницами в единстве всех трех этих характеристик для сравнительной оценки степени трудности для них различать цветовые тона и геометрические фигуры, а также для выделения этапов научения в процессе различения и проверки соблюдения «правила Свенссона» у этих животных в зрительных задачах. В поведенческих экспериментах не проводилось изучение и сравнение успешности и трудности дифференцировки цветовых тонов и геометрических фигур рептилиями, что позволило бы получить теоретически важные для зоопсихологии знания об организации их зрительного восприятия. Такое изучение осуществлено в настоящей работе для одного из видов рептилий – веретениц ломких, а также в сравнительно-психологическом исследовании при сопоставлении цветоразличения у веретениц ломких и обыкновенных ужей [Желанкин, 2019]. Впервые сравнение по трудности задач дифференцировки геометрических фигур рептилиями проведено Х. М. Сафаровым [1990], что в настоящее время переходит на уровень предъявления не только разных фигур, но и объектов с комплексной окраской разными цветами [Subproblem learning and ... , 2018]. Также проблема трудности задач изучалась при различении ящерицами видов пищи по размеру и по количеству в Y-образном лабиринте. Они предпочитали пищевые объекты большого размера, даже если их было немного, и меньше обращали внимание на группу более мелких объектов, т. е. ориентировались на размер пищи, а не на ее количество [Quantitative abilities in ... , 2017]. Отметим, что в трудоемких экспериментах с рептилиями нередко используется малое число особей, например две [Очинская, 1988] или четыре [Radial-Arm-Maze Behavior ... , 2012].

Организация и методы исследования

Цель исследования – изучить способность безногих ящериц веретениц ломких различать цветовые стимулы и геометрические фигуры и выявить основные поведенческие характеристики принятия ими решения в ходе различения.

Гипотезы

1. На основании физиологических данных и поведенческих исследований зрительного различения у разных видов дневных ящериц можно предположить способность веретениц ломких тоже различать цветовые стимулы и геометрические фигуры, что должно отразиться в значимом превышении доли верных выборов целевого стимула над долей ошибочных.

2. Большие значения трех основных характеристик ПР – доли ошибочных выборов, времени выбора и числа поворотов животного перед выбором будут отражать большую трудность различения и ПР для данного вида стимулов.

Материал и методика

Опыты проводились с четырьмя половозрелыми веретеницами ломкими (*Anguis fragilis*) в Центре биопсихологических исследований НОЧУ ВО «Московский институт психоанализа». Лишь по четырем из шести взятых особей оказалось достаточно данных. Размеры животных составляли 25–30 см, поэтому для всех них условия в используемой установке были сопоставимы. Каждая особь была помечена цветной меткой с номером для учета каждого опыта с каждой из них (поскольку они содержались вместе). Эксперименты проводились в Т-образном лабиринте (рис. 1), состоявшем из стартовой камеры (СК); малого коридора (МК); большого коридора (БК) и двух кабинок – целевой (ЦК) и дифференцировочной (ДК). В целевой кабинке было безусловное пищевое подкрепление (дождевые черви). Кабинки освещались люминесцентными лампами (13 Вт). Освещенность кабинок измерялась люксметром Ю-116 и составляла на входе в кабинки 70 лк, а в середине БК – 30 лк. Эксперименты проводились при температуре 20 °С, но с подогревом стартовой камеры до 30 °С с помощью термоковрика. После каждого опыта пол и стенки лабиринта обрабатывались мыльным раствором для устранения запаха после движений животных. Лабиринт окружала белая ограда, закрывавшая окрестности. Для обеих кабинок были уравниены освещенность, температура, тактильные характеристики, зрительное окружение; запах корма (путем смазывания листка бумаги влагой от пищи в дифференцировочной кабинке). Уравнивание кабинок по запаху проводилось для того, чтобы животные выбирали целевую кабинку не по запаху корма в ней, а выбирая целевой зрительный стимул. Пища же в целевой кабинке служила подкреплением выбора этого целевого стимула.

В опытах с различением геометрических фигур (черных кругов двух размеров – больших и малых) использованы их изображения над входами в прозрачные кабинки. В опытах с различением цветовых тонов внутренние стенки кабинок напротив входа были красными либо зелеными. Целевую и дифференцировочную кабинки меняли местами случайным образом в разных сериях опытов.

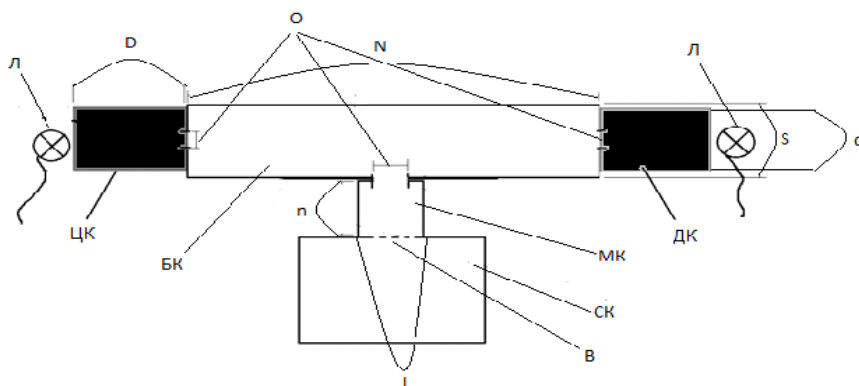


Рис. 1. Т-образный лабиринт.

Л – лампы, БК – большой коридор, МК – малый коридор, СК – стартовая камера, ЦК – целевая кабинка, ДК – дифференцировочная кабинка, В – вход в лабиринт, О – отверстия (входы). $D = 11,5$ см, $d = 6,5$ см, $N = 41$ см, $S = 9$ см, $n = 10$ см, $L = 5,5$ см

Вначале в течение недели каждую ящерицу адаптировали к условиям эксперимента. В ходе него особь сначала находилась в СК и готовилась к выходу из нее, а затем выходила в МК, откуда перемещалась в БК и в процессе пребывания в нем поворачивала голову к кабинкам, после чего выбирала одну из них, вползая в нее. Время ее пребывания в МК мы рассматривали как латентный период двигательной реакции выбора, вслед за Х. М. Сафаровым, но не учитывали его при обработке данных. Поэтому движение веретеницы в БК от развилки лабиринта (когда она увидела обе кабинки со стимулами) до входа в одну из кабинок можно считать отражающим собственно процесс выбора кабинки. Соответственно, время этого движения мы рассматриваем как время выбора. Критерием адаптированности служило снижение латентного периода пребывания в стартовой камере до уровня менее 30 с, так как, возможно, уменьшались стрессовые реакции при помещении животного в установку.

С каждой из четырех веретениц проведено четыре последовательные серии по десять опытов в каждой с различением каждого из трех видов зрительных объектов. Порядок и вид серий были следующими.

1. Различение двойных стимулов: верный выбор – малый круг и зеленая кабинка, ошибочный – большой круг и красная кабинка. Серия с двойными стимулами давалась первой с целями адаптировать животных к последующему предъявлению каждого из этих стимулов в отдельности, выяснить, как они различают двойные стимулы (с чем далее сравнивалось различение цветов и кругов по отдельности), а также приблизить начальный этап опытов к естественным условиям, где животные видят объекты с несколькими признаками, а не с одним.

2. Различение кругов разного диаметра в левой и правой сторонах большого коридора: верный выбор – малый круг, ошибочный – большой. В этой серии в по-

следних пяти опытах в обработку вошло не 20 опытов с четырьмя веретеницами, как в остальных трех сериях, а 18, так как два опыта закончить не удалось.

3. Различение цветовых тонов в кабинках: верный выбор – зелёный, ошибочный – красный.

4. Контрольные опыты с каждым животным без визуальных стимулов – с прозрачными кабинками. Сравнивали количества выборов правого и левого пути в лабиринте для проверки, не запоминают ли животные сами эти пути или какие-либо технические особенности лабиринта.

Опыт завершали после проникновения головы рептилии в выбранную кабинку. Анализ видеосъемки на веб-камеру Defender C-090 включал следующие характеристики:

- 1) результат выбора (верный или ошибочный);
- 2) время выбора (ВВ) – время нахождения и движения ящерицы в БК от входа в него до выбранной кабинки, то же до входа в ЦК – время верных выборов (ВВ_{вер}), то же до входа в ДК – время ошибочных выборов (ВВ_{ош});
- 3) повороты головы или тела животных.

Подсчитывалось число поворотов при верном выборе (ЦК) и при ошибочном (ДК). Для каждого из трех видов стимулов сравнивались значения числа ошибочных выборов, времени движения при верном и ошибочном выборе, числа поворотов головы при верном и при ошибочном выборе.

Научение правильному различению (выбору целевого стимула) оценивалось путем сравнения средних значений регистрируемых показателей в первых и последних пяти опытах. Исследование научения не было основной задачей работы, и потому не было необходимости строить и анализировать кривые научения для каждой особи. Наш экспресс-анализ был достаточен, чтобы убедиться, что животные научились выбирать целевой стимул не случайно. Кроме того, анализ динамики научения путем сравнения данных первых и последних пяти проб позволил сопоставить полученные данные с данными работы, где использован аналогичный анализ в сходной задаче с другим видом ящериц [Хватов, Соколов, Харитонов, 2016] (см. «Результаты исследования и их обсуждение»).

Время выбора – время нахождения и движения ящериц в БК (ВД) перед выбором (вползанием в кабинку) рассматривалось как время ПР. В литературе не удастся найти данные о времени, необходимом для выработки условного рефлекса у веретениц. По нашим наблюдениям, достаточно десяти опытов. Регистрируемые характеристики в первых двух опытах каждой серии (т. е. в начале предъявления новых стимулов) мы, согласно Л. В. Крушинскому [2009], рассматриваем как показатели собственно ПР как такового, наименее подверженного научению, которое происходит в последующих опытах.

Статистическая обработка цифровых материалов проводилась с использованием программ Excel пакета Microsoft Office 2010 и Statistica. Вычислялись средние значения и стандартные ошибки измерений. Значимость различий оценивалась по *U*-тесту Манна – Уитни: для средних значений ВД по первым и последним пяти опытам каждой серии (при анализе научения), для средних значений ВД по 10 опытам каждой серии и для числа поворотов для разных видов стимулов и разных типов ответов.

Результаты исследования и их обсуждение

Контрольные опыты без визуальных стимулов (с прозрачными кабинками) показали случайное чередование выборов правого и левого пути в лабиринте. То есть веретеницы не предпочитали один из них, и потому выбор пути в основных опытах определялся выбором одного из сравниваемых стимулов.

Динамика научения

Число ошибок было максимальным при различении двойных стимулов, которые предъявлялись первыми (37,5 %), что указывает на начало адаптации и научения у ящериц.

Ожидаемое снижение среднего времени выбора в результате научения зарегистрировано при различении кругов: $163,0 \pm 16,6$ с в первых пяти опытах и $124,2 \pm 13,9$ с в последних пяти (граничные значения $U_{Кр}$ по выборке равны 100 и 123, а полученное эмпирическое значение $U_{эмп} = 112,5$, находится в зоне $p < 0,05$). То же наблюдалось при цветоразличении: $129,9 \pm 11,6$ и $105,7 \pm 11,4$ с (граничные значения $U_{Кр}$ равны 133 и 161, $U_{эмп} = 122,5$, $p < 0,05$). Но при различении двойных стимулов среднее время в тенденции неожиданно увеличилось в ходе научения: от $132,1 \pm 13,5$ до $142,3 \pm 16,3$ с (рис. 2). Это могло быть следствием наибольшей сложности различения двойных стимулов для процесса научения и того, что эта задача была первой, что вызывало утомление животных в последних пяти опытах.



Рис. 2. Среднее время научения в секундах (с) при различении двойных стимулов (дв.), размеров кругов (кр.) и цветовых тонов (цв.) в динамике: 1-е 5 оп. – первые 5 опытов; пос. 5 оп. – последние 5 опытов

Число ошибочных выборов снижалось в последних пяти опытах каждой серии в сравнении с первыми пятью опытами: в сумме по четырем особям для двойных стимулов с 10 до 6, для кругов с 8 до 4, для цветов с 5 до 4; т. е. в 1,67; 2,00 и 1,25 раза соответственно (рис. 3). Превышение числа вер-

ных выборов над ошибочными в последних пяти опытах стало для двойных стимулов 14 к 6, для кругов 14 к 4, для цветов 16 к 4; т. е. в 2,5; 3,5 и 4 раза соответственно. В первых же пяти опытах превышения числа верных выборов над ошибочными либо не было (в серии с двойными стимулами: 10 к 10), либо оно было менее выраженным (в сериях с кругами: 12 к 8 – в 1,5 раза и с цветами: 15 к 5 – в 3 раза).



Рис. 3. Суммарное по четырем веретеницам число верных и ошибочных выборов при различении двойных стимулов (дв.), размеров кругов (кр.) и цветовых тонов (цв.) – в динамике: 1-е 5 оп. – первые 5 опытов; пос. 5 оп. – последние 5 опытов

Среднее общее время не снизилось с ростом числа опытов при переходе от различения двойных стимулов к различению кругов (это был бы ожидаемый результат обучения), но, напротив, в тенденции увеличилось от 135,7 до 141,6 с. Лишь при переходе от различения кругов к различению цветовых стимулов этот показатель уменьшился с 141,6 до 118,2 с (граничные значения $U_{кр}$ равны 557 и 628, $U_{эмп} = 614,5$, $p < 0,05$) (рис. 4).

Соотношение времени прохождения лабиринта и процента ошибок при различении трех видов стимулов

В первых двух опытах среднее время выбора (прохождения веретеницами БК до выбранной кабинки) при различении кругов было меньше, чем при различении цветов, как для верных выборов (174,2 с < 117,0 с), так и для ошибочных (158,3 с < 128 с). В случае двойных стимулов в первых двух опытах среднее время верных выборов составило 122,6 с, ошибочных – 117,0 с.

Это большей частью подтвердилось и для средних по десяти опытам значений времени выборов, где статистика измерений позволила оценить значимость различий. В случае верных выборов оно было максимальным при различении двойных стимулов – $147,5 \pm 12,2$, меньшим при различении

кругов – $133,0 \pm 11,0$ с и наименьшим при цветоразличении – $123,9 \pm 6,5$ (рис. 5). В случае ошибочных выборов оно оказалось максимальным при различении кругов – $160,9 \pm 9,6$ с, меньшим при различении двойных стимулов – $116,1 \pm 9,1$ с и минимальным при цветоразличении – $110,1 \pm 8,4$ с. При различении кругов время ошибочных выборов было больше времени верных (граничные значения $U_{кр}$ равны 542 и 611, $U_{эмп} = 587,5$, $p < 0,05$), а при различении двойных стимулов меньше в тенденции (граничные значения $U_{кр}$ равны 88 и 109, $U_{эмп} = 153$), как и при различении цветов (граничные значения $U_{кр}$ равны 449 и 511, $U_{эмп} = 492,5$, $p < 0,05$; рис. 5).

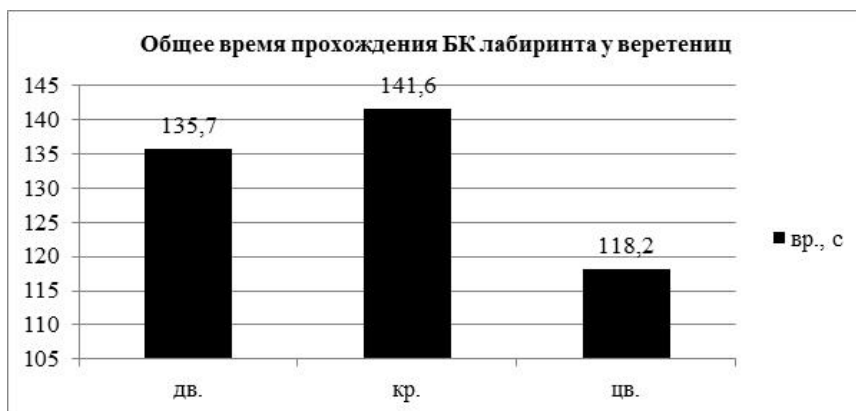


Рис. 4. Среднее по всем опытам общее время верных и ошибочных выборов (время прохождения БК лабиринта в секундах (с) при различении двойных стимулов (дв.), размеров кругов (кр.) и цветовых тонов кабинок (цв.))

Таким образом, при цветоразличении все три временных показателя были наименьшими в сравнении с различением двух других видов стимулов. Одновременно при цветоразличении и суммарное по четырем веретеницам число ошибочных выборов было наименьшим (9, т. е. 20,9 %) в сравнении с различением двойных стимулов (16, т. е. 37,5 %) и кругов (12, т. е. 30,9 %) (рис. 6). Сочетание минимальных значений общего времени выборов, времени верных выборов, времени ошибочных выборов и числа ошибок может указывать на легкость различения цветовых стимулов для веретениц в сравнении с различением двойных стимулов и кругов. Это предположение согласуется также с тем, что при цветоразличении среднее время ошибочных выборов было меньше, чем время верных выборов (см. выше: $ВВ_{ош} = 110,1$ с < $ВВ_{вер} = 123,9$ с; см. рис. 5), что, по правилу Свенссона, характерно для легкого различения. А при различении кругов среднее время ошибочных выборов было больше, чем время верных выборов (см. выше: $ВВ_{ош} = 160,9$ с > $ВВ_{вер} = 133,0$ с; см. рис. 5), что, по правилу Свенссона, характерно для трудного различения.



Рис. 5. Среднее время выбора (прохождения БК в секундах (с) при различении двойных стимулов (дв.), размеров кругов (кр.) и цветовых тонов (цв.); верн. – верный выбор, ошиб. – ошибочный выбор)

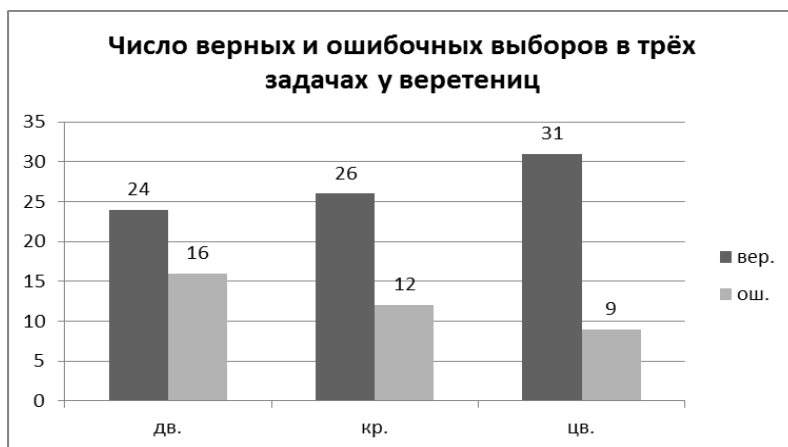


Рис. 6. Суммарное по четырем веретеницам число верных и ошибочных выборов при различении двойных стимулов (дв.), размеров кругов (кр.) и цветовых тонов (цв.)

Анализ числа поворотов веретениц перед верными и ошибочными выборами

При нахождении в БК в процессе движения от развилки лабиринта до выбранной кабинки веретеницы делали многократные повороты головы или тела по направлению к целевому и дифференцировочному стимулам прежде, чем совершить выбор кабинки с предпочтительным стимулом – вползти в нее. То есть, видимо, выбор пути к кабинке с предпочтительным стимулом животные совершали после неоднократного сравнения обоих стимулов посредством поворотов к ним. Суммарное по четырем ящерицам число поворотов во всех 120 опытах при верных выборах (354) достоверно больше числа по-

воротов при ошибочных (175) (граничные значения $U_{кр}$ равны 88 и 111, $U_{эмп} = 109,5$, $p < 0,05$), т. е. веретеницы научились выбирать целевые стимулы. Наибольшее число поворотов наблюдалось при различении двойных стимулов, а наименьшее – при различении цветовых тонов.

Среднее по первым двум опытам число поворотов при ошибочном выборе было больше, чем при верном выборе, при различении кругов (7 против 3,8) и при различении цветов (6,2 против 3,6). То же самое в тенденции получено по всем десяти опытам при различении кругов (5,50 против 4,12) и двойных стимулов (5,67 против 5,07; см. рис. 7).

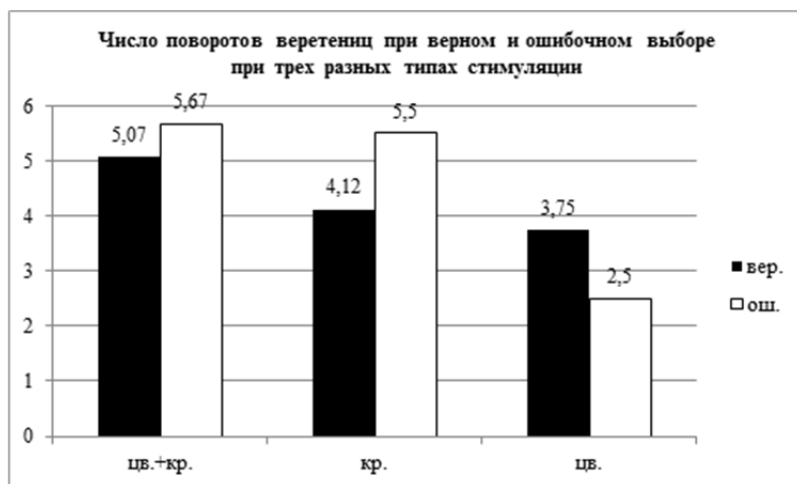


Рис. 7. Среднее число поворотов по всем десяти опытам с каждым из трех видов стимулов при верном и ошибочном выборе. Обозначения: цв. + кр. – двойные стимулы, кр. – круги, цв. – цвета; вер. – верные выборы, ош. – ошибочные выборы

При цветоразличении же, напротив, среднее число поворотов по всем десяти опытам при ошибочном выборе в тенденции было меньше такового при верном (2,50 против 3,75, см. рис. 7). То же самое наблюдалось при различении двойных стимулов по первым двум опытам (6,2 против 7,7), в отличие от данных по десяти опытам.

Таким образом, во всем массиве данных при различении кругов и двойных стимулов средние значения числа поворотов при ошибочном выборе было больше на уровне тенденции, чем при верном выборе. Это может свидетельствовать о более выраженных колебаниях ящериц при ошибочном выборе кругов и двойных стимулов и менее выраженных колебаниях при верном выборе (см. «Введение»). Но такого не наблюдалось при различении цветов.

Результаты экспериментов подтвердили информативность комплексного изучения у животных основных параметров ПР: его правильности/ошибочности, временных показателей и поведенческих реакций, отражающих получение и переработку информации в процессе выбора из альтернатив. Анализ результатов показал следующее.

Вдвое большие число и процент верных выборов, чем ошибочных, при различении кругов и практически вчетверо большее для цветowych стимулов (см. рис. 6) подтверждает первую гипотезу о способности веретениц различать геометрические фигуры и цветowych тона. Число ошибочных выборов при различении цветowych тонов составило лишь 8 из всех 40 выборов (20,9 %). Данный факт может указывать на успешное различение веретеницами зеленого и красного цветов. Это может объясняться наличием в сетчатке дневных ящериц большого разнообразия колбочек – до 7 типов, содержащих масляные капли и разные типы пигментов, поглощающих свет во всем спектре – от ультрафиолетового до инфракрасного [de Lanuza, Font, 2014].

Двойные стимулы предъявлялись первыми, поскольку они более, чем одинарные стимулы, адекватны восприятию сложных стимулов в природе. Но предъявление двойных стимулов первыми могло быть причиной максимального числа ошибок при их различении, обусловленных, видимо, первоначальным этапом выработки условного рефлекса – научением (не случайно, видимо, на этапе предъявления двойных стимулов было наибольшее число поворотов, что подтверждает нашу вторую гипотезу), которое, возможно, позволило ящерицам адаптироваться к последующему раздельному предъявлению цветowych и геометрических стимулов. Факт увеличения среднего времени выборов в последних пяти опытах при обучении веретениц различению двойных стимулов может свидетельствовать о недостаточном количестве опытов с двойными стимулами. В ходе научения число поворотов ящериц к альтернативным стимулам снижалось. Это указывает на возможность использовать данные ЭДА в качестве дополнительного критерия научения.

Совокупность данных о показателях доли ошибок в общем числе выборов, соотношения между временем правильного и ошибочного выбора и числа поворотов веретениц к альтернативным стимулам характеризует трудность либо легкость различения для них. При цветоразличении число ошибочных выборов, все три временных показателя и среднее число поворотов и при ошибочном, и при верном выборе были наименьшими в сравнении с различением кругов и двойных стимулов. Видимо, это указывает на меньшую сложность для веретениц различения зеленого и красного цветowych тонов, чем различение кругов и сочетаний кругов и цветов.

Сравним полученные характеристики зрительного различения у веретениц с результатами предшествующих исследований поведения рептилий в сходных задачах. В ходе различения кругов у веретениц наблюдалось лишь небольшое, хотя и значимое снижение времени выбора пути в лабиринте при увеличении числа опытов от пяти до десяти: со 163 до 124 с ($p < 0,05$), т. е. на 30 %, а доля правильных выборов увеличилась с 60 до 80 %, т. е. на 20 %. У других ящериц – синезыких сцинков при различении размеров круглых отверстий и проникновении в них время выбора снизилось существенно от 1-й пробы к 20-й: с 2654 до 89 с в экспериментальной группе и с 2589 до 92 с в контрольной, т. е. в 3 и в 2,8 раза соответственно [Хватов, Соколов, Харитонов, 2016]. При этом в экспериментальной группе на первых

пяти пробах доля успешных попыток проникнуть в единственное доступное отверстие (из четырех возможных) составляла 17 %, а на последних пяти пробах – 100 %, т. е. в 6 раз больше. Отметим, что в последних пяти пробах время выбора оказалось примерно сходным у веретениц и сцинков – около 100 с, тогда как значения исходного времени различались в 1,6–2 раза. Соответственно снижение доли ошибок до достижения такого же результата у веретениц оказалось в 4 раза меньшим, чем у сцинков (на 20 % у веретениц и на 83 % у сцинков). Можно предположить, что это указывает на менее выраженную способность веретениц к научению различать размеры круглых зрительных объектов (подобных норам и потому экологически значимых для ящериц) в сравнении со сцинками. Мы сопоставляем наши данные по веретеницам с данными по сцинкам, взятыми из цитированной работы, проведенной по другой методике, поскольку в обоих случаях изучалось зрительное различение размеров круглых объектов дневными ящерицами. Подобных же исследований, выполненных с ящерицами, как и наше, с помощью Т-образного лабиринта, в литературе найти не удастся.

Средние значения времени выбора стимулов веретеницами при различении ими цветовых тонов (118,2 с) и размеров кругов (141,6 с) были существенно выше, чем аналогичные значения у обыкновенных ужей при различении цветовых тонов тоже в Т-образном лабиринте (34,4 с) [Скотникова, Желанкин, 2017] и чем у всех четырех видов рептилий при различении кругов и треугольников в экспериментальной установке: 48 с у желтопузиков (также безногих ящериц), 84 с у черепах, 66 с у водяных ужей и 48 с у агам [Сафаров, 1990]. Таким образом, веретеницы медленнее выбирали зеленый и красный цветовые тона, чем обыкновенные ужи, и медленнее выбирали размеры кругов, чем представители четырех других перечисленных видов рептилий выбирали круги и треугольники. Это может быть связано как с замедленными процессами зрительного различения у веретениц, так и с медлительностью их передвижений.

Наши результаты расширяют знания о зрительном восприятии рептилиями пространственных объектов. Установленное нами впервые различение веретеницами размеров геометрических фигур (кругов) дополняет результаты И. А. Хватова и других о подобном различении у синезыких сцинков и результаты Х. М. Сафарова о различении форм геометрических фигур (кругов и треугольников) четырьмя другими видами рептилий. Кроме того, мы обнаружили снижение трудности различения при переходе от различения геометрических стимулов к различению цветовых стимулов. Если бы в трех последовательных сериях все три показателя одновременно монотонно снижались, это указывало бы на причину такого снижения в росте числа опытов (научении). Однако повышение числа поворотов и времени выбора во второй серии (с кругами) и затем резкое снижение всех трех показателей в третьей серии (с цветами) указывает на меньшую трудность различения цветов, чем кругов.

В ходе различения цветовых и геометрических стимулов при выборе пути в лабиринте происходит сенсомоторная интеграция зрительной и про-

приоцептивной информации, что необходимо для пространственной ориентации животных. Для улучшения их зрительного восприятия активируются сенсомоторные процессы. Это проявляется в неоднократных поворотах ящериц к сравниваемым стимулам на выделенной Ю. Козелецким (1979) фазе предрешения, за которой следует фаза собственно принятия решения – выбор из этих альтернатив [цит. по: Скотникова, 2021].

Путь в лабиринте выбирался ящерицами после неоднократных поворотов к альтернативным стимулам. Подобные повороты и ранее регистрировались у рептилий при выборе поведения [Вдовин, Иванова-Дятлова, Окштейн, 2011; Radial-Arm-Maze Behavior ... , 2012]. Мы предположительно рассматриваем повороты веретениц как выполняющие функцию накопления зрительной информации («свидетельств») в пользу сравниваемых стимулов – в контексте изучения взаимосвязей поведенческих реакций животного при выборе решения с его «информационным состоянием» [Blumstein, Bouskila, 1996]. Подсчет числа поворотов животных в стороны того и другого стимула – это наш методический прием для косвенной количественной оценки объема зрительной информации, полученной в пользу каждого стимула при выборе одного из них, и, кроме того, для оценки числа «колебаний» в этом процессе, проявлением которых также могут быть повороты ящериц к альтернативным стимулам.

При достаточно трудном для ящериц различении кругов и двойных стимулов среднее число поворотов при ошибочном выборе было больше числа поворотов при верном выборе. Можно предположить, что это отражает более выраженные колебания животных в ходе трудного различения при ошибочном выборе и менее выраженные колебания при верном выборе. Просматривается определенная аналогия результатам, полученным у людей, о том, что ошибочные ответы о трудном пороговом различении зрительных и слуховых стимулов чаще сопровождаются неуверенностью (т. е. колебаниями субъекта), в отличие от верных ответов, которые чаще бывают уверенными, как установлено в работах (И. Г. Скотниковой, 2005; Н. П. Владыкиной, 2008) [цит. по: Скотникова, 2021]. Неуверенность ошибочных ответов человека может отражать неосознанное предвосхищение им будущей ошибки. Такое предположение согласуется:

а) с существованием в мозгу человека нейронов-детерминаторов ошибок, активирующихся перед неосознанным совершением ошибки, что сопровождается неотчетливым ощущением дискомфорта, неправильности поведения и описано в работах (Ю. Д. Кропотов, 2009; N. P. Bechtereva, N. V. Shemyakina, 2005) [цит. по: Скотникова, 2021];

б) с теоретическим обоснованием феномена большей уверенности верных ответов в математической модели ПР человеком в сенсорных задачах [Шендяпин, Скотникова, 2015]. Обнаруженные нами более частые повороты ящериц (возможно, «колебания»?) при трудном различении перед ошибочным выбором, чем перед верным выбором, могут быть проявлением предвосхищения ими будущей ошибки, аналогично подобному предвосхищению у человека.

Выводы

1. Веретеницы ломкие лучше различают зеленый и красный цвета, чем размеры геометрических фигур круглой формы.

2. Меньшая трудность различения цветовых стимулов, чем геометрических, проявляется в одновременном снижении числа ошибок, времени выбора и числа поворотов рептилий к альтернативным стимулам.

3. При различении двойных стимулов (кругов + цветов), которые предъявлялись первыми, обнаружено максимальное количество ошибок и поворотов ящериц в стороны альтернативных стимулов в лабиринте. Это связано с первоначальным этапом выработки условного рефлекса – научением. Исходное предъявление двойных стимулов (адекватное восприятию сложных объектов в природе) позволило животным адаптироваться к последующему разделению предъявлению цветовых и геометрических стимулов.

Список литературы

Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональных систем / отв. ред. Ф. В. Константинов, Б. Ф. Ломов, В. Б. Швырков. М. : Наука, 1978. 399 с.

Васильева Н. А., Чабовский А. В. Принятие репродуктивных решений в контексте «быстрого» жизненного цикла (на примере жёлтого суслика *Spermophilus fulvus* // Журнал общей биологии. 2017. Т. 78, № 1. С. 3–14.

Вдовин А. С., Иванова-Дятлова А. Ю., Окштейн И. Л. Структура общих форм поведения у трех видов дневных ящериц // Вопросы герпетологии : материалы IV съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. СПб. : Русская коллекция, 2011. С. 50–55.

Желанкин Р. В. Особенности принятия решения у двух видов рептилий в задачах зрительного различения // Когнитивная наука в Москве: новые исследования : материалы конференции / под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М., 2019. С. 173–177.

Карамян А. И., Сергеев Б. Ф., Соллертинская Т. Н. Образование временных связей при сочетании «индифферентных» раздражителей у рептилий // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1964. Т. 14, № 4. С. 626–634.

Крушинский Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности: Эволюционный и физиолого-генетический аспекты поведения. М. : Либроком, 2009. 272 с.

Крушинский Л. В., Зорина З. А. Новый метод оценки рассудочной деятельности птиц // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1982. Т. 32, № 5. С. 895–900.

Очинская Е. И. О способности к экстраполяции у кайманов // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1988. Т. 38, № 1. С. 174–175.

Проблемы принятия решения / под ред. П. К. Анохина. М. : Наука, 1976. 319 с.

Сафаров Х. М. Экология и физиология высшей нервной деятельности рептилий. Душанбе : Дониш, 1990. 227 с.

Скотникова И. Г. Принятие решения – ключевое звено психической деятельности // Разработка понятий в современной психологии / под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М. : Институт психологии РАН, 2021. Т. 3 (в печати).

Скотникова И. Г., Желанкин Р. В. Принятие решения при выборе альтернатив поведения: пилотажное сравнение характеристик, полученных у животных и человека // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии / отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. М. : Институт психологии РАН, 2017. С. 541–551.

Хватов И. А., Соколов А. Ю., Харитонов А. Н. Учет границ собственного тела сцинками *Tiliqua gigas*. Экспериментальная психология. 2016. Т. 9, № 3. С. 54–71.

Шендяпин В. М., Скотникова И. Г. Моделирование принятия решения и уверенности в сенсорных задачах. М. : Инс-т психологии РАН, 2015. 201 с.

Behavioral and Physiological Effects of Finely Balanced Decision-Making in Chickens / A. Davies, C. Nicol, M. Persson, A. Radford // PLoS ONE. 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108809>

Blumstein D., Bouskila A. Assessment and decision making in animals: a mechanistic model underlying behavioral flexibility can prevent ambiguity // *Oikos*. 1996. N 77. P. 569–576.

Clark R. W. Public information for solitary foragers: Timber rattlesnakes use conspecific chemical cues to select ambush sites // *Behavioral Ecology*. 2007. Vol. 18, Is. 2. P. 487–490.

Cooper W. E., Sherbrooke J. W. C. Plesiomorphic escape decisions in cryptic horned lizards (Phrynosoma) having highly derived antipredatory defenses // *Ethology*. 2010. Vol. 116, N 10. P. 920–928.

de Lanuza G. P., Font E. Ultraviolet vision in lacertid lizards: evidence from retinal structure, eye transmittance, SWS1 visual pigment genes and behaviour // *Journal of Experimental Biology*. 2014. Vol. 217, Is. 16. P. 2899–2909.

Decision-Making from the Animal Perspective: Bridging Ecology and Subjective Cognition / S. Budaev, C. Jørgensen, M. Mangel, S. Eliassen, J. Giske // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. P. 1–14.

Dill L. M. Animal decision making and its ecological consequences: the future of aquatic ecology and behavior // *Canadian Journal of Zoology*. 1987. N 65. P. 803–811.

Individual features of play behavior in thick-toed geckos in weightlessness and normal gravity conditions / V. M. Barabanov, V. I. Gulimova, R. K. Berdiev, S. V. Saveliev // *Life Sciences in Space Research*. 2019. Vol. 22. P. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2019.07.002>

Phylogenetic patterns in learning and decision making in pit vipers / A. R. Krochmal, A. J. Place, T. J. La Duc, T. C. Roth // *Animal Behavior*. 2018. N 145. P. 117–123.

Quantitative abilities in a reptile (*Podarcis sicula*) / E. Miletto Petrazzini, I. Fraccaroli, F. Gariboldi, C. Agrillo, A. Bisazza, C. Bertolucci, A. Foà // *Biology Letters*. 2017. P. 1–4.

Radial-Arm-Maze Behavior of the Red-Footed Tortoise (*Geochelone carbonaria*) / J. Mueller-Paul, A. Wilkinson, G. Hall, L. Huber // *Journal of Comparative Psychology*. 2012. Vol. 126, N. 3. P. 305–317.

Smith P., Ratcliff R. Psychology and neurobiology of simple decisions // *Trends in neuroscience*. 2004. Vol. 27, Is. 3. P. 161–168.

Subproblem learning and reversal of a multidimensional visual cue in a lizard: evidence for behavioral flexibility? / B. Szabo, D. W. A. Noble, R. W. Byrne, D. S. Tait, M. J. Whiting // *Animal Behavior*. 2018. Vol. 144. P. 17–26.

Takenaka N., Yokoyama S. Mechanisms of spectral tuning in the RH2 pigments of Tokay gecko and American chameleon // *Gene*. 2007. Vol. 399, Is. 1. P. 26–32.

Zuri I., Bull C. M. The use of visual cues for spatial orientation in the sleepy lizard (*Tiliqua rugosa*) // *Canadian Journal of Zoology*. 2000. Vol. 78, N 4. P. 515–520.

Discrimination of Three Kinds of Visual Stimuli by Slow-Worm Lizards (*Anguis fragilis*)

R. V. Zhelankin

All-Russian Research Institute of Integrated Fish Farming Branch of Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, pos. Named after Vorovsky, Russian Federation

I. G. Skotnikova

Institute of Psychology RAS, Moscow, Russian Federation

L. A. Selivanova

A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russian Federation

Abstract. Visual abilities to discriminate between spatial and color stimuli was studied, which is ecologically significant for reptiles. Namely: the behavior of slow-worm lizards in a T-shaped maze was investigated in visual discrimination between red and green color tones and sizes of geometric figures of a round shape. The main behavioral characteristics of decision-making were analyzed when choosing between possible options: a percentage of erroneous choices, time of choice and a number of lizards' turns towards alternative ways in the maze, leading to comparable stimuli, before choosing one of them. In case of color discrimination, all the three named behavior characteristics were minimal, while in case of the figures sizes discrimination these values were higher. Thus, discrimination of red and green colors was more successful and less difficult than discrimination of round-shaped geometric figures sizes in the lizards.

Keywords: decision making, visual discrimination, reptiles' behavior, lizards, T-maze.

For citation: Zhelankin R.V., Skotnikova I.G., Selivanova L.A. Discrimination of three kinds of visual stimuli by slow-worm lizards (*Anguis fragilis*). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Psychology*, 2021, vol. 36, pp. 16-37. <https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.36.16> (in Russian)

References

Anokhin P.K. *Filosofskie aspekty teorii funkcionalnykh sistem* [Philosophical aspects of the Functional Systems Theory]. Eds. Konstantinov F.V., Lomov B.F., Shvyrkov V.B. Moscow, Nauka Publ., 1978, 399 p. (in Russian).

Vasil'yeva N.A., Chabovskiy A.V. Prinyatiye reproductivnykh re-sheniy v kontekste "bystrogo" zhiznennogo tsikla (na primere zholтого suslika *Spermophilus fulvus* [Reproductive decisions making in the context of a "fast" life cycle (on the example of the yellow ground squirrel *Spermophilus fulvus*). *Zhurnal obshchey biologii* [Journal of General Biology], 2017, vol. 78, no. 1, pp. 3-14 (in Russian).

Vdovin A.S., Ivanova-Djatlova A.Ju., Okshtejn I.L. Struktura obshhih form povedeniya u treh vidov dnevnyh yashheric [The structure of behavior general forms in the three species of diurnal lizards]. *Voprosy gerpetologii* [Issues of Gerpetology. Proceedings of the 1Yth Congress of the Gerpetology Association after A.M. Nikolskii]. Saint Petersburg, Russkaja kollekcija Publ., 2011, pp. 50-55 (in Russian).

Zhelankin R.V. Osobennosti prinjatiya resheniya u dvukh vidov reptilii v zadachakh zritel'nogo razlicheniya [Features of decision making in two species of reptiles in visual discrimination tasks]. *Kognitivnaya nauka v Moskve: novye issledovaniya* [Cognitive science in Moscow: new research. The Conference Proceedings]. Ed. by Pechenkovo E.V., Falikman M.V. Moscow, 2019, pp. 173-177 (in Russian).

Karamjan A.I., Sergeev B.F., Sollertinskaja T.N. Obrazovanie vremennyh svyazej pri sochetanii "indifferentnyh" razdrashitelej u reptilij [Temporary connections forming in case of "indifferent" stimuli combination in reptiles]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti* [Journal of Higher Nervous Activity after I.P. Pavlov], 1964, no. 4, pp. 626-634 (in Russian).

Krushinskiy L.V. *Biologicheskiye osnovy rassudochnoy deyatel'nosti: Evolyutsionnyy i fiziologo-geneticheskiy aspekty povedeniya* [Biological bases of rational mind activity: Evolutionary and physiological and genetic aspects of behavior]. Moscow, Librokom Publ., 2009, 272 p.

Krushinskiy L.V., Zorina Z.A. Novyy metod otsenki rassudochnoy deyatel'nosti ptits [A new method for birds' rational activity assessing]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova* [I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity (Cited in PubMed as Zh Vyssh Nerv Deiat I.P. Pavlova)], 1982, vol. 32, no. 5, pp. 895-900 (in Russian).

Ochinskaja E.I. O sposobnosti k ekstrapolyatsii u kaimanov [On the ability to extrapolate in caimans]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I. P. Pavlova* [I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity (Cited in PubMed as Zh Vyssh Nerv Deiat I P Pavlova)], 1988, vol. 38, no. 1, pp. 174-175 (in Russian).

Anokhin P.K. (ed.) *Problemy prinyatiia resheniya* [Problems of Decision Making]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 139 p. (in Russian).

Safarov H.M. *Ekologiya i fiziologiya vysshei nervnoi deyatel'nosti reptilii* [Ecology and physiology of reptiles' higher nervous activity]. Dushanbe, Donish Publ., 1990, 227 p. (in Russian).

Skotnikova I.G. Prinyatiye resheniya – klyuchevoye zveno psikhicheskoy deyatel'nosti [Decision making is a key link in mental activity]. *Razrabotka ponyatij v sovremennoy psikhologii* [Development of concepts in modern psychology]. Ed. by Zhuravlev A.L., Sergiyenko Ye.A. Moscow, Institut psikhologii RAN Publ., 2021, vol. 3 (in Russian) (in print).

Skotnikova I.G., Zhelankin R.V. Prinjatie resheniia pri vybore al'ternativ povedeniya: pilotazhnoe sravnenie kharakteristik, poluchennykh u zhivotnykh i cheloveka [Decision making when choosing behavioral alternatives: pilot comparison of characteristics obtained in animals and humans]. *Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya v sovremennoy psikhologii* [Fundamental and applied research in modern psychology]. Eds. Zhuravljov A.L., Koltsova V.A. Moscow, Institut psikhologii RAN Publ., 2017, pp. 541–551 (in Russian).

Khvatov I.A., Sokolov A.Ju., Haritonov A.N. Uchet granits sobstvennogo tela scinkami Tiliqua gigas [Boundaries of the own body taking into account in Skinks Tiliqua gigas]. *Eksperimental'naya psihologiya* [Experimental Psychology], 2016, vol. 9, no. 3, pp. 54-71 (in Russian).

Shendypin V.M., Skotnikova I.G. *Modelirovanie prinyatiya resheniya i uverenosti v sensorykh zadachakh* [Modeling of decision making and confidence in sensory tasks]. Moscow, Institut psikhologii RAN Publ., 2015, 201 p. (in Russian)

Barabanov V.M., Gulimova V.I., Berdiev R.K., Saveliev S.V. Individual features of play behavior in thick-toed geckos in weightlessness and normal gravity conditions. *Life Sciences in Space Research*, 2019, vol. 22, pp. 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2019.07.002>

Blumstein D., Bouskila A. Assessment and decision making in animals: a mechanistic model underlying behavioral flexibility can prevent ambiguity. *Oikos*, 1996, no. 77, pp. 569-576.

Budaev S., Jørgensen C., Mangel M., Eliassen S., Giske J. Decision-Making from the Animal Perspective: Bridging Ecology and Subjective Cognition. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2019, vol. 7, pp. 1-14.

Clark R.W. Public information for solitary foragers: Timber rattlesnakes use conspecific chemical cues to select ambush sites. *Behavioral Ecology*, 2007, vol. 18, is. 2, pp. 487-490.

Cooper W.E., Sherbrooke J.W.C. Plesiomorphic escape decisions in cryptic horned lizards (Phrynosoma) having highly derived antipredatory defenses. *Ethology*, 2010, vol. 116(10), pp. 920-928.

Davies A., Nicol C., Persson M., Radford A. Behavioral and Physiological Effects of Finely Balanced Decision-Making in Chickens. *PLoS ONE*, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108809>

de Lanuza G.P., Font E. Ultraviolet vision in lacertid lizards: evidence from retinal structure, eye transmittance, SWS1 visual pigment genes and behavior. *Journal of Experimental Biology*, 2014, vol. 217, is. 16, pp. 2899-2909.

Dill L.M. Animal decision making and its ecological consequences: the future of aquatic ecology and behavior. *Canadian Journal of Zoology*, 1987, no. 65, pp. 803-811.

Krochmal A.R., Place A.J., La Duc T.J., Roth T.C. Phylogenetic patterns in learning and decision making in pit vipers. *Animal Behavior*, 2018, no. 145, pp. 117-123.

Miletto Petrazzini E., Fraccaroli I., Gariboldi F., Agrillo C., Bisazza A., Bertolucci C., Foà A. Quantitative abilities in a reptile (*Podarcis sicula*). *Biology Letters*, 2017, pp. 1-4.

Mueller-Paul J., Wilkinson A., Hall G., Huber L. Radial-Arm-Maze Behavior of the Red-Footed Tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Journal of Comparative Psychology*, 2012, vol. 126, no. 3, pp. 305-317.

Smith P., Ratcliff R. Psychology and neurobiology of simple decisions. *Trends in neuroscience*, 2004, vol. 27, is. 3, pp. 161-168.

Szabo B., Noble D.W. A., Byrne R.W., Tait D.S., Whiting M.J. Subproblem learning and reversal of a multidimensional visual cue in a lizard: evidence for behavioral flexibility? *Animal Behavior*, 2018, vol. 144, pp. 17-26.

Takenaka N., Yokoyama S. Mechanisms of spectral tuning in the RH2 pigments of Tokay gecko and American chameleon. *Gene*, 2007, vol. 399, is. 1, pp. 26-32.

Zuri I., Bull C.M. The use of visual cues for spatial orientation in the sleepy lizard (*Tiliqua rugosa*). *Canadian Journal of Zoology*, 2000, vol. 78, no. 4, pp. 515-520.

Желанкин Роман Викторович

младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский
институт интегрированного
рыбоводства – филиал ФГБНУ «Феде-
ральный исследовательский центр
животноводства – ВИЖ им. академика
Л. К. Эрнста»
Россия, 142460, Московская область,
Ногинский район, пос. им. Воровского,
ул. Сергеева, 24
e-mail: zhelankin86@mail.ru

Zhelankin Roman Viktorovich

Junior Research Scientist
All-Russian Research Institute – of Integrated
Fish Farming Branch of Federal Research
Center for Animal Husbandry named after
Academy Member L. K. Ernst
24, Sergeev st.,
Vorovsky settl,
Noginsky district, Moscow region,
142460, Russian Federation
e-mail: zhelankin86@mail.ru

Скотникова Ирина Григорьевна

доктор психологических наук, ведущий
научный сотрудник
Институт психологии РАН
Россия, 129366, Москва, ул. Ярослав-
ская, 13
e-mail: iris236@ya.ru

Skotnikova Irina Grigorevna

Doctor of Sciences (Psychology),
Leading Researcher
Institute of Psychology RAS
13, Yaroslavskaya st., Moscow, 129366
Russian Federation
e-mail: iris236@ya.ru

Селиванова Любовь Андреевна

кандидат психологических наук, младший
научный сотрудник
Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 119071, Москва, Ленинский пр-т, 33
e-mail: lyubov.selivanova@gmail.com

Selivanova Liubov Andreevna

Candidate of Sciences (Psychology),
Junior Research Scientist
A. N. Severtsov Institute of Ecology and
Evolution RAS
33, Leninsky Prospect, Moscow, 119071
Russian Federation
e-mail: lyubov.selivanova@gmail.com

Дата поступления: 25.12.2020

Received: December, 25, 2020